第 40 卷 增刊　　昆 虫 学 报　　Vol. 40, Suppl.
1997 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1997

主要抗蚜小麦品种(系)的抗性类型及其生化抗性机制*

陈巨莲　孙京瑞　丁红建　倪汉祥　李晓飞

(中国农业科学院植物保护研究所　北京　100094)

摘要　通过对 10 个抗麦蚜品种（系）室内苗期生命参数、抗性类型和抗蚜次生物质的研究，明确了不同抗性级别的品种对麦蚜种群控制力及部分生化抗蚜机制。实验结果表明，参试的抗蚜品种（系）中 30%左右为不选择性：表现为爬行频繁，定殖率低，但是定殖个体生长发育良好；70%为抗生性：表现为使麦长管蚜 *Sitobion avenae* (F.)和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (L.)的发育历期分别延长 2.1%～28.2%和 3.7%～13.9%，若蚜死亡率增加 1.0～3.6 倍和 1.0～2.25 倍，平均寿命缩短 10.2%～96.5%和 37.5～97.1%，繁殖力下降 3.4%～72.8%和 25%～97.2%。苗期生化测定结果表明：不同抗源的单宁和总酚含量明显高于感蚜品种，其总酚含量与抗麦长管蚜级别呈显著负相关，以抗生性为主的品种其总酚含量亦与麦长管蚜的内禀增长力 (r_m) 呈显著负相关 ($P<0.05$)，表明总酚是小麦抗长管蚜的关键因子之一，而与禾谷缢管蚜抗性水平无关；单宁含量与麦蚜抗性关系不密切。

关键词　小麦品种(系)抗性类型，麦蚜，抗性机制，单宁，总酚

小麦与麦蚜协同进化的结果使小麦演化出各种防御机制，形成以抗生性和不选择性为主的抗性类型[1~2]，对麦蚜种群具有很强的控制作用。小麦抗蚜的理化特征，国内外均有研究报道：小麦形态特征[3]，挥发性它感化合物[4]，及植株体内主要营养物质[5~8]和次生物质含量[9~14]与抗蚜性密切相关。但是对不同抗源的抗性类型及其特定抗性机制的研究报道很少。本项研究从此入手，对我国主要抗蚜品种材料的室内苗期麦长管蚜和禾谷缢管蚜生命表参数、抗性类型及主要次生物质的抗蚜性进行研究，以期探明我国主要抗源的抗性类型及其特定的抗蚜机制，为不同抗源合理布局，减少抗性退化的风险，充分发挥其在麦蚜区域性综合治理中的作用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　室内苗期蚜虫的生命参数

选取“八五”期间田间抗蚜鉴定抗性表现稳定的 10 个品种（系）(品种名称及田间鉴定结果见表 1、表 2)，以北京 837 作对照，其中郑州 831、红芒红、小白冬麦和北京 837 为品种，其余为品种材料。1995 年～1996 年在 18℃～22℃，温室光照条件下盆栽苗 1～

* 国家攀登计划资助项目之一

1997-05-09 收稿，1997-07-29 收修改稿

2 叶期，用正方形生态盆（2.5 cm×2.5 cm×2.5 cm）夹麦叶，接 24 h 内的初产若蚜，每个品种重复 20 次。每天定时观察记录麦长管蚜及禾谷缢管蚜各项生命参数及定殖、爬行活动情况，至死亡为止。统计分析不同抗源对麦蚜种群控制力并推断抗性类型。

1.2 次生物质测定

采用出苗后一周的麦苗测定单宁、总酚含量。单宁测定用磷钼酸-钨酸钠还原法，于 760 nm 处比色；总酚测定参照 Kazemi[5]方法并作改进：剪下麦苗迅速用液氮磨碎，取 500 mg匀浆用 80%乙醇提取并在 10 000 g 下离心 3 次，上清液于 50℃真空旋转蒸发计中蒸干，用 6%乙醇溶解，加 Folin-酚试剂在 680 nm 处比色，以没食子酸作标准曲线。每个品种重复 3～5 次。

2 结果与分析

2.1 不同抗源对麦蚜种群控制力和抗性类型分析

10 个抗源材料上麦蚜主要生命参数统计结果（图 1、图 2）表明，抗蚜品种苗期对麦蚜实验种群具有很强的控制作用，而不同抗性级别的抗源其控制程度存在显著差异。

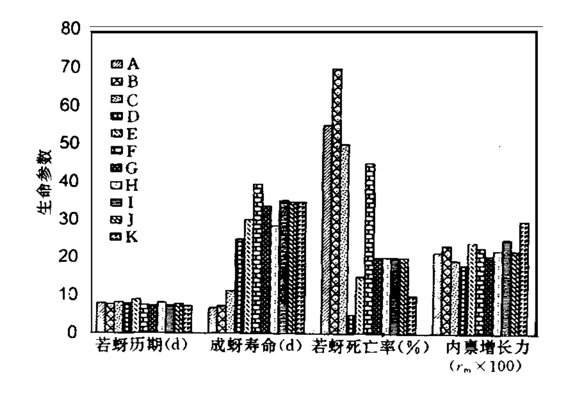


图 1 禾谷缢管蚜在不同抗性品种(系)上的主要生命参数

A. chul（1497），B. 中 4 无芒，C. 郑州 831，D. kok-1679，E. 885479-2，F. L_1，G. JP②，H. JP①，I. 红芒红，J. 小白冬麦，K. CK（北京 837）

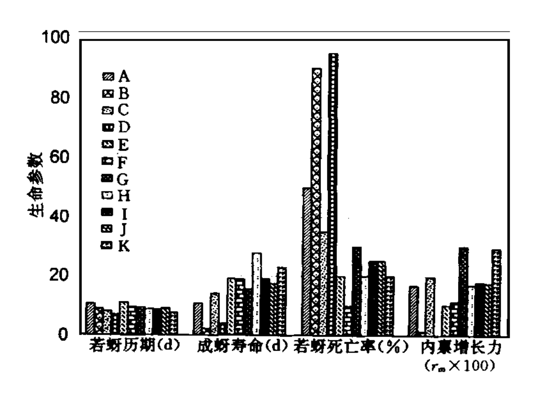


图 2 麦长管蚜在不同抗性品种(系)上的主要生命参数

A. chul（1497），B. 中 4 无芒，C. 郑州 831，D. kok-1679，E. 885479-2 F. L_1，G. JP②，H. JP①，I. 红芒红，J. 小白冬麦，K. CK（北京 837）

2.1.1 若蚜发育历期：与对照品种相比，75%的抗禾谷缢管蚜的品种和 62.5%的抗麦长管蚜的品种延长若蚜发育历期，致使麦长管蚜和禾谷缢管蚜若蚜期分别延长 2.1%～28.2%和 3.7%～13.9%。

2.1.2 存活率：62.5%的抗蚜品种使麦长管蚜和禾谷缢管蚜的若蚜死亡率比对照提高 1.0～3.6 倍和 1.0～2.25 倍。75%的品种使两种麦蚜平均寿命缩短，分别缩短 10.2%～96.5%和 37.5%～97.1%。

2.1.3 繁殖力：75%的抗性品种使麦蚜的平均累积产仔量显著降低，麦长管蚜和禾谷缢管蚜的降低率分别为3.4%～72.8%和25.0%～92.7%，而87.5%的品种不同程度地降低内禀增长力（r_m）

上述结果表明，70%左右的抗源材料对麦蚜以抗生性为主，表现为延长若蚜历期，增加若蚜死亡率，缩短成蚜寿命，降低生殖力和内禀增长力。

2.1.4 品种（系）抗性类型分析：品种材料kok-1679田间鉴定为中、高抗，而室内扣盒和麦蚜取食行为观察，大部分若蚜不在叶上定殖，爬行频繁，不食而亡，而部分个体一旦定殖，在韧皮部取食历期较长（待发表），生长发育良好；在大田网室扣盒，其r_m值与感蚜品种也相当，由此表明kok-1679属不选择抗性类型。此外小白冬麦和L_1也表现出扣盒饲养为感蚜品种，而田间鉴定为中抗或高抗，亦以不选择性为主，其余7品种则以抗生性为主。

2.2 次生物质含量及抗蚜性关系

如表1所示，不同抗源之间单宁含量差异极显著（$P<0.01$）。中4无芒、chul（1497）单宁含量极显著地高于小白冬麦、L_1、JP②和郑州831，而kok-1697、红芒红、JP①和885479-2之间无显著差异。以抗生性为主的7个品种，单宁含量与抗蚜级别或r_m值呈负相关趋势，但相关程度低于显著水平，表明单宁含量与品种抗蚜性关系不密切。

表1 不同抗源单宁含量、田间抗性级别及内禀增长力（r_m）

品种	单宁含量 (mg/g)	显著性检验		长管蚜		缢管蚜		r_m值	
		$P=0.05$	$P=0.01$	抗性	抗级	抗性	抗级	长管蚜	缢管蚜
中4无芒	2.439±0.37	a	A	高抗	1	低抗	3	0.0091	0.1932
chul（1497）	2.19±0.39	a	AB	中抗	2	高抗	1	0.1136	0.1776
红芒红	2.13±0.56	ab	ABC	低感	4	中感	5	0.1911	0.2606
JP①	2.12±0.27	ab	ABCD	高抗	1	中抗	2	0.1818	0.2303
885479-2	1.973±0.32	ab	ABCD	低感	4	低感	4	0.1718	0.2865
kok-1679	1.879±0.24	abc	ABCD	高抗	1	中抗	2	0.000	0.2146
小白冬麦	1.504±0.24	bcd	BCDE	低抗	3	中抗	2	0.1889	0.2286
JP②	1.24±0.21	cde	CDE	中抗	2	中抗	2	0.2046	0.2443
郑州831	1.148±0.26	de	DE	低抗	3	中抗	2	0.1336	0.1607
L_1	0.85±0.15	e	E	中抗	2	高抗	1	0.1918	0.2703
CK	0.557	e	E	低感	4	低感	4	0.1993	0.2475

注：单宁含量以每克干重计算

不同抗性级别品种的总酚含量亦存在极显著差异（$P<0.01$），对麦蚜混合种群表现为中抗品种的JP①和中4无芒总酚含量极显著高于感蚜品种红芒红、郑州831和对照。品种总酚含量与抗蚜性相关分析结果（表2）表明：总酚含量与抗麦长管蚜级别呈显著负相关，其线性回归式为：$y=4.69-0.25x$ 相关系数$r=-0.638^*$（y为田间抗性级别，x为总酚含量，$n=11$）。

表 2 不同抗源总酚含量、田间抗性级别及内禀增长力（r_m）

品种	总酚含量 (mg/g)	显著性		长管蚜		缢管蚜		r_m 值	
		$P=0.05$	$P=0.01$	抗性	抗级	抗性	抗级	长管蚜	缢管蚜
JP①	15.07±1.04	a	A	高抗	1	中抗	2	0.1818	0.2303
中4无芒	12.78±2.88	ab	AB	高抗	1	低抗	3	0.0091	0.1932
小白冬麦	11.16±1.28	bc	ABC	低抗	3	中抗	2	0.1889	0.2286
JP②	9.12±1.07	cd	BC	中抗	2	中抗	2	0.2046	0.2443
kok－1679	8.97±2.93	cd	BC	高抗	1	中抗	2	0.000	0.2146
L_1	8.47±2.64	cd	BC	中抗	2	高抗	1	0.1918	0.2703
885479－2	8.41±1.05	cd	BC	低感	4	低感	4	0.1718	0.2865
chul（1497）	7.62±1.29	cde	BC	中抗	2	高抗	1	0.1136	0.1776
红芒红	7.51±1.34	de	C	低感	4	中感	5	0.1911	0.2606
郑州831	6.93±1.55	de	CD	低抗	3	中抗	2	0.1336	0.1607
CK	5.49±0.85	e	D	低感	4	低感	4	0.1993	0.2475

注：总酚含量以每克鲜重计算

以抗生性为主的品种上的麦长管蚜内禀增长力 r_m 值与总酚含量也呈显著负相关，其线性回归式为：$y=0.33-0.02x$　相关系数 $r=-0.7415^*$（y 为 r_m，x 为总酚含量，$n=7$）。

总酚含量与禾谷缢管蚜的田间抗蚜级别和以抗生性为主的品种的 r_m 相关性不显著。可见总酚含量是小麦抗麦长管蚜的关键因子。

3 讨论

小麦抗蚜类型的划分是深入研究其抗性机制的前提，对于以不选择性为主的抗虫品种（系），通常认为叶的色素和挥发性它感物质起到引诱或拒避作用，但降落后吞食的酚类物质，丁布等次生物质作为拒食剂亦对其产生排拒性，因此抗蚜品种的不选择机制非常复杂。文献中常以麦蚜的 r_m 值评价品种的抗性水平和次生性物质的抗蚜程度，笔者认为 r_m 值仅适宜评价以抗生性为主的品种抗性，而对不选择性类型的评价准确性差。明确不同抗源的抗性类型才能充分发挥其在麦蚜综合治理中的作用。单一大面积种植以抗生性为主的抗蚜品种，麦蚜在这种强大的选择压力下易产生新的生物型，使原来抗蚜的品种变为感蚜品种，因此应注意抗生性品种轮换种植；以不选择性为主的抗源也会因生育期或生态条件的改变而使抗性丧失，应在特定生态区内合理使用。

抗蚜品种中次生物质含量比感虫的高[9]，本文研究亦证明这一点。酚类物质是一类重要的抗虫物质，不仅影响麦蚜取食行为、生理代谢[11]，而且是诱导抗虫性的主要抗性因子[7]。Leszczynski[9]认为麦蚜的 r_m 与扬花期旗叶的总酚含量呈显著负相关，其相关系数为－0.946。本文研究结果表明，对抗生性的品种而言，总酚（主要指游离酚）含量与麦长管蚜抗性水平、r_m 值呈显著负相关，而与禾谷缢管蚜抗性关系不密切，Kazemi 也提出

小麦分蘖期酚类物质与禾谷缢管蚜的抗性无关。这可能与该蚜种的空间生态位有关。禾谷缢管蚜在小麦苗期主要取食叶鞘，由于植物不同部位次生物质组成和含量不同[5]，导致抗蚜性变化。因此，对叶鞘中总酚含量的进一步研究将有助于明确总酚对禾谷缢管蚜的作用。

在许多作物抗虫性研究中证明单宁是一类重要的抗虫次生代谢物质，可以抑制酶的活性或使蛋白质鞣化，还可干扰昆虫对淀粉的消化。而单宁实际上是一种功能性名词，它分为水解类和缩合类。本研究采用的测定方法主要为水解类单宁，实验结果表明其与两种麦蚜的抗性水平和 r_m 值无关，即水解单宁与小麦抗蚜性关系不密切。因此在今后的工作中，尚须在麦蚜化学纯人工饲料上研究缩合单宁的作用机制及阈值，以及单宁与酚类物质互作效应，进一步明确单宁类化合物在小麦抗蚜体系中的地位。

对田间鉴定出的优良抗源，深入研究各类抗源特有的抗蚜机制和抗蚜次生物质调控酶的作用，对于今后抗虫基因的研究和遗传育种目标性状的确定，合理利用优良抗源培育高产优质抗虫的小麦新品种具有重要意义。

参 考 文 献

1 Ciepiela A. Biochemical basis of winter wheat resistance to the grain aphid, *Sitobion avenae*. Ent. Exp. Appl., 1989, **51**: 269～275

2 陈巨莲. 麦类作物抗蚜性研究. 世界农业, 1993, (8): 28～29

3 夏云龙等. 冬小麦形态特征与抗长管蚜的关系研究. 植物保护学报, 1991, **18** (1): 5～11

4 Visser J H, Yan F S. Electroantennogram responses of the grain aphids *Sitobion avenae* (F.) and *Metopolophium dirhodum* (W.) to plant odour components. J. Appl. Ent., 1995, **119** (8): 539～542

5 Kazemi M H, Van Emden H F. Partial antibiosis to *Rhopalosiphum padi* in wheat and some phytochemical correlations. Ann. Appl. Biol., 1992, **12** (1): 1～9

6 Niraz S, Leszcaynski B *et al*. Biochemical aspects of winter wheat resistance to aphids, Insect Sci. Appl., 1985, **6** (3): 253～257

7 Ciepiela A. Changes in phenylalanine and tyrosine content and metabolism in ears of susceptible and aphid resistant winter wheat cultivars upon infestation by *Sitobion avenae*. Ent. Exp. Appl., 1989, **51** (3): 277～281

8 谢永寿等. 冬小麦品种中的糖与氨基酸含量与抗麦长管蚜的关系. 植物保护学报, 1987, **14** (1): 37～38

9 Leszcynski B, Wright L C, Bakowski T. Effect of secondary plant substances on winter wheat resistance to grain aphid. Ent. Exp. Appl., 1989, **52** (2): 135～139

10 Thackray D J, Wratten S D *et al*. Resistance to the aphids *Sitobion avenae* and *Rhopalosiphum padi* in Gramineae in relation to hydroxamic acid levels. Ann. Appl. Bio., 1990, **116**: 573～582

11 Leszczynski B, Bakowski T *et al*. Interaction between cereal phenolics and grain aphid (*Sitobion avenae*). Bulletin OILB SROR, 1996, **19** (5): 100～105

12 Niemeyer H M. The role of secondary plant compounds in aphid-host interactions. In: Campbell R K, Eikenbary R K (eds). Aphid-Plant Genotype Interaction. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B V, 1990, 189～205

13 Rustamani A M *et al*. Relation of gramine contents and aphid population on barley lines. Appl. Ent Zool., 1990, **25** (2): 251～259

THE RESISTANT PATTERNS AND MECHANISM OF BIOCHEMICAL RESISTANCE IN VARIOUS WHEAT CULTIVARS (LINES)

Chen Julian Sun Jingrui Ding Hongjian Ni Hanxiang Li Xiaofei

(Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing 100094)

Abstract Ten winter wheat cultvars (lines) with different degrees of resistance to wheat aphids were studied at seedling stage under the lab condition on the parameters of life table, resistant patterns and the content of some secondary substances in the plant tissues. The control capacity on *Sitobion avenae* F. (SA) and *Rhopalosiphum padi* L. (RP) and partial biochemical resistant mechanism have been revealed. The results showed the resistant patterns of cultivars to wheat aphid being 30% non-perference and 70% antibiosis. The non-perference resistant cultivars made aphids crawling frequently and decreasing the colonial rate on wheat leaf greatly, but the colonial individuals and their growth rate and fecundity were as CK. The cultivars with different degrees of antibiosis resistance made SA and RP nymphal development prolonged by 2.1%~28.2% and 3.7%~13.9%, nymphal mortality increased 1.0~3.6 and 1.0~2.25 times, average longivity shortened by 10.2%~96.5% and 37.5%~97.1% and fecundity decreased by 3.4%~72.8% and 25%~97.2%, respectively. The result of biochemical analysis at seedling stage showed that there were significant differences in the contents of tannin and phenolic in plant tissues between the resistant and susceptible cultivars. The correlation between phenolic content and the resistant degree to SA was negatively significant ($P<0.05$). The correaltion between phenolic content and the innate capacity for increase (r_m) of SA was also negatively significant. So, phenols in plant tissues seem to be one of the key resistant factors to SA. No correlation between phenolic content and the resistant degree to RP or r_m of RP was found. There was no correlation between tannin content and the resistant degree to both wheat aphids.

Key words resistant pattern of wheat cultivars (lines), wheat aphids, mechanism of resistance, tannin, phenolic